



(19) BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES

PATENT- UND
MARKENAMT

(12) **Offenlegungsschrift**
(10) **DE 100 32 279 A 1**

(51) Int. Cl.⁷:

H 01 L 31/18

H 01 L 21/306

H 01 L 31/06

(21) Aktenzeichen: 100 32 279.4
 (22) Anmeldetag: 3. 7. 2000
 (43) Offenlegungstag: 17. 1. 2002

(71) Anmelder:

Föll, Helmut, Dr., 24248 Mönkeberg, DE; Heijo Al-Rifai, Mohammad, 24105 Kiel, DE; Carstensen, Jürgen, Dr., 24143 Kiel, DE

(72) Erfinder:

gleich Anmelder

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht zu ziehende Druckschriften:

DE 197 44 197 A1
 DE 196 34 617 A1
 US 41 97 141
 EP 03 72 930 A2

LUQUE,A., TOBIAS,I.: Perimeter recombination in planar solar cells. In: J. Appl. Phys. 73 (8), 15. April 1993, S.4042-4047;
 SMITH,David D., et.al.: Circuit Modeling of the Emitter-Wrap-Through Solar Cell. In: IEEE Transactions On Electron Devices, Vol.46, No.10, Oct. 1999, S.1993-1999;
 NATH,P., et.al.: Conversion process for passivating current shunting paths in amorphous silicon alloy solar cells. In: Appl. Phys. Lett. 53 (11), 12. Sept. 1988, S.986-988;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Elektrische Passivierung der Randgebiete von Solarzellen

(57) Das beschriebene Verfahren zur Passivierung von Randdefekten von Solarzellen ist dafür geeignet, bei minimalen Flächenverlusten alle Randdefekte zu passivieren und damit ggf. den Wirkungsgrad auch von schon fertig produzierten Solarzellen nachhaltig zu erhöhen.

Die Methode ist für mono- und multikristalline Si Solarzellen verwendbar; sie ist gut reproduzierbar.

Der Verlust an Fläche und damit an Kurzschlußstrom ist vernachlässigbar, d. h. die Passivierung hat keinen nachteiligen Einfluß auf SZ ohne Randdefekte.

Es existieren mehrere Varianten zur Durchführung des Verfahrens bzgl. der Art der Ätzlösung und der Durchführung der Ätzung; das Verfahren kann damit an bestehende Produktionsprozesse und Einrichtungen leicht angepaßt werden.

Das Verfahren kann nicht nur nach Abschluß des eigentlichen Herstellungsprozesses als letzter Schritt eingesetzt werden, sondern auch schon vorher, z. B.:

- nach der Diffusion des Emitters,
- nach der Metallisierung,
- nach dem Aufdampfen der AR-Schicht.

Das Verfahren kann standardmäßig als Teil des Produktionsprozesses (prophylaktisch) für alle SZ verwendet werden oder gezielt nur für aussortierte Zellen mit Randdefekten.

Beschreibung

Anwendungsgebiet

[0001] Bei der Herstellung von Solarzellen (SZ), insbesondere von Silizium-Solarzellen, werden die SZ am Ende getestet und klassifiziert. Die Klassifizierung der SZ geschieht anhand ihrer Kennlinien und der daraus entnommenen Kenngrößen Kurzschlußstrom I_{SC} , Leerlaufspannung V_{oc} , Serienwiderstand R_S , Kurzschlußwiderstand R_{Sh} , maximale Leistung P_{max} , Füllfaktor FF und Wirkungsgrad η .
5

[0002] Lokale elektrische Kurzschlüsse (kurz "Shunts") der Diode, spielen eine wichtige Rolle für den Wirkungsgrad der SZ; sie können einen dramatischen Einfluß auf die Strom-Spannungs-(IV)-Kennlinie haben und den Gesamtwirkungsgrad stark erniedrigen bei gleichzeitiger Erhöhung des Leckstroms. Shunts treten häufig am Rande der Solarzelle auf, da hier der p-n-Übergang entweder freilegt oder der Emitterbereich sich sogar über die Kante bis zum Rückseitenkontakt erstreckt.
10

[0003] Selbst wenn die "Shunts" den Wirkungsgrad einer einzelnen Solarzelle nicht merklich reduzieren, kann in einer Reihenschaltung vieler Solarzellen in einem Solarzellenmodul ein "Shunt" das gesamte Modul zerstören: Aufgrund der hohen Spannung in der Reihenschaltung kann unter einer "open circuit"-Bedingung auch ein schwacher "Shunt" durchbrechen, sich lokal sehr stark erwärmen und so zur Zerstörung des gesamten Moduls führen.
15

[0004] Die hier vorgestellte Erfindung betrifft eine Methode zur Passivierung dieser "Shunts" (und anderer Defekte; im folgenden Randdefekte genannt) an den Randgebieten der SZ. Sie kann an unterschiedlichen Stationen des Solarzellenprozesses eingesetzt werden, z. B.:
20

- a) Nach der Diffusion des Emitters
- b) Nach der Metallisierung
- c) Nach dem Aufdampfen der Antireflex (AR)-Schicht

und dies sowohl selektiv nur auf der SZ mit schlechtem Wirkungsgrad oder prophylaktisch auf allen SZ.

[0005] Die Vorrichtung ist gekennzeichnet durch eine rein chemische oder elektrochemische Behandlung nur des Randgebiets einer Solarzelle. Die erforderlichen Reaktionen können auf verschiedene Weise aktiviert werden und laufen dann sehr schnell ab. Sie führen in jedem Fall zu einer Be seitigung der Randdefekte und damit zu einer Verbesserung der SZ.
30

Stand der Technik

[0006] Leckströme am Rand einer SZ (Randdefekte) können durch viele Arten von Defekten verursacht werden, die zum überwiegenden Teil während der SZ Herstellung induziert werden [1, 2, 3]. Zur Zeit sind mehrere Methoden zur Passivierung der Ränder bekannt:
35

- "Coin Staking"; d. h. Plasmaätzung der Randbereiche eines ganzen Stapels von Solarzellen [4]. Dieses Verfahren führt nur bedingt zum Erfolg und hat erhebliche Nachteile bei Kosten und Durchsatz.
- Mechanisches Polieren der Ränder.
- Trimmen mit einer Säge.

Aufgabe der Erfindung

[0007] Alle Randdefekte einer SZ sind zu isolieren oder zu passivieren. Die Methode soll die folgenden Bedingun
60

2

gen erfüllen:

- Passivierung aller Randdefekte (z. B. "Shunts" durch Kratzer, mechanische Beschädigungen, induzierte Kristallbaufehler oder Diffusionsüberlapp mit der Rückseite); d. h. es sollen vom Rand keine nachteiligen elektrischen Effekte mehr ausgehen. Dies kann mit einer ortsaufgelösten Meßtechnik (z. B. mit dem "CELLO"-Verfahren [5]) überprüft werden.
- Minimaler Verlust an Fläche des p-n-Übergangs und dadurch bedingte verringerte I_{sc} Werte.
- Volle Kompatibilität mit dem Herstellungsprozeß.
- Selektiv, d. h. beeinflußt nur Randdefekte.
- Reproduzierbar unter Produktionsbedingungen.
- Einfach, billig und schnell (hoher Durchsatz).

Lösung der Aufgabe der Erfindung

[0008] Die Erfindung löst die gestellte Aufgabe durch chemisches oder elektrochemisches Herausätzen der Randdefekte. Sie kombiniert fünf Komponenten, um die obigen Kriterien zu erfüllen. Diese Komponenten sind (hier für den Fall der rein chemischen Passivierung geschildert):
25

- 1) Geeignete Ätzmittel.
- 2) Definierte Ätzgeometrie (nur der Randbereich kommt in Kontakt mit dem (flüssigen) Ätzmittel).
- 3) Von der Berührung mit dem Ätzmittel getrennte Anregung bzw. Beschleunigung der Reaktion;
- 4) Vermeidung von Niederschlägen des Ätzmitteldampfes außerhalb des Randbereichs.
- 5) Einfacher Aufbau für geringe Kosten, hoher Durchsatz und generelle Reproduzierbarkeit.

[0009] Zunächst sollen die Möglichkeiten der Erfindung an einem Beispiel demonstriert werden, danach werden die einzelnen Komponenten der Erfindung besprochen.

[0010] Abb. 1 zeigt die Kennlinie einer handelsüblichen (kauflich erworbenen) relativ schlechten Solarzelle. Sie zeigt die typischen Merkmale eines "Shunts", d. h. eines massiven (vermutlich lokalen) Kurzschlusses. Am Punkt maximaler Leistung können bei der gewählten (nicht ge normten) Beleuchtung 0,1633 Watt realisiert werden, $I_{SC} = 550 \text{ mA}$, und $FF = 0,49$ werden gemessen. Die Leerlaufspannung liegt bei ca. 0,57 V.
40

[0011] Nach der Passivierung ist zwar der Kurzschlußstrom etwas zurückgegangen auf $I_{SC} = 513 \text{ mA}$, dafür sind aber der Füllfaktor und die Leerlaufspannung erheblich höher: Die max. Leistung liegt jetzt bei 0,211 W; dies entspricht einer Erhöhung des Gesamtwirkungsgrads um 25%!
50

[0012] Im folgenden werden die o. g. 5 Punkte der Erfindung detailliert.

55 Zu 1): Geeignete Ätzmittel

[0013] Grundsätzlich muß etwas Si aufgelöst, d. h. abgeätzt werden. Es sind viele Chemikalien bekannt, mit denen Silizium geätzt werden kann [7, 8, 9, 10], weiterhin sind viele chemische oder elektrochemische Ätzmethoden veröffentlicht. Prinzipielle Möglichkeiten sind:

- Starke Oxidationsmittel mit HF Zusatz; z. B. die Standardätzungen auf der Basis von $\text{HNO}_3/\text{HAc}/\text{HF}$ Mischungen. Diese Mittel sind zwar prinzipiell verwendbar, aber mit Nachteilen behaftet in Bezug auf schlecht kontrollierbare, heftig gasende Reaktionen die schon beim unmittelbaren Kontakt einsetzen. Die meisten

dieser Säuregemische wirken außerdem korrodierend auf die Passivierapparatur und auf alle Bestandteile der Solarzelle und stellen erhebliche Sicherheitsrisiken dar. Durch die Hitze und Gasentwicklung gibt es außerdem die Tendenz zu Spritzern, so daß die Reaktion nur schwer auf den Randbereich zu beschränken ist. Andererseits kann die Passivierung sehr schnell erfolgen.

- HF mit anorganischen oder organischen Zusätzen und anodischem (oder kathodischem) Stromfluß; d. h. elektrochemisches Ätzen. Diese Methodik ist prinzipiell sehr gut anwendbar, insbesondere weil die Reaktion vom Kontakt mit der Flüssigkeit vollständig entkoppelt und durch die Steuerung des Stroms sehr gut kontrolliert werden kann. Sie ist aber mit Nachteilen bei der Durchführung verbunden, da die Solarzelle elektrisch kontaktiert werden muß.
- Alkalisches Ätzen, z. B. KOH oder TMAH. Häufig wird eine merkliche Ätzwirkung nur bei höherer Temperatur erzielt. Ätzen aus diesem Bereich lassen sich mit gutem Erfolg verwenden.

[0014] Im folgenden werden daher ohne Beschränkung der Allgemeinheit nur noch Ätzen auf KOH-Basis besprochen.

Zu 2) Definierte Ätzgeometrie und Vermeidung unerwünschter Reaktionen

[0015] Die hier vorgestellte Erfindung beruht vor allem auf der Trennung zweier Prozesse:

- Dem Aufbringen der Ätze auf definierte (Rand-)Bereiche.
- Dem Aktivieren oder Beschleunigen der chemischen Reaktionen durch verschiedene Prozesse, wie sie unter Punkt 3) beschrieben werden.

[0016] Für das Aufbringen des Ätzmittels am Rande der Solarzellen bieten sich mehrere Möglichkeiten an. Am effektivsten und definiertesten wird das Ätzmittel über ein definiert in Ätzmittel getränktes Filztuch auf die Solarzelle übertragen. Dies läßt sich in einem kontinuierlichen Prozeß sehr homogen durchführen, wenn das Filztuch auf einer rotierenden Walze befestigt wird, wie in Abb. 2 dargestellt. Durch z. B. zwei gegenläufige Walzen läßt sich das Ätzmittel gleichmäßig auf der Walze verteilen und überschüssiges Ätzmittel abstreifen. Zur besseren Haftung kann man die Viskosität des Ätzmittels erhöhen, z. B. indem man das Ätzmittel z. B. in ein Gel einbettet.

[0017] In dem Zustand, wie sie auf die Solarzelle aufgebracht werden, sind KOH basierte Ätzmittel gar nicht, bzw. nur sehr schwach reaktiv. So wird für die Solarzelle, wie auch für die Passivierapparatur die Wahrscheinlichkeit für eine ungewollte Korrosion reduziert. Während des Aufbringens des Ätzmittels besteht z. B. nicht die Gefahr, daß die chemische Reaktion an der zuerst benetzten Stelle schon einsetzt, während der restliche Bereich noch überhaupt keinen Kontakt zum Ätzmittel hat. Das Ätzmittel läßt sich homogener aufbringen und alle nachfolgenden Prozesse laufen räumlich und zeitlich viel homogener ab.

Zu 3) Anregung bzw. Beschleunigung der Reaktion

[0018] Verschiedene Klassen rein chemischer Ätzen zeigen eine starke Abhängigkeit der Ätzrate von der Temperatur, z. B. ätzt KOH bei Raumtemperatur sehr langsam, bei 80°C ist jedoch ein starker Ätzabtrag zu beobachten. Für die meisten elektrochemischen Ätzen gilt, daß sie nur unter An-

legen einer elektrischen Spannung Silizium auflösen. So kann man die in Punkt 2 beschriebene Trennung erreichen, indem man nach dem Aufbringen des "passiven" Ätzmittels durch z. B. Erwärmten oder Anlegen einer Spannung in die

5 aktive Phase umschaltet. Neben dem Aufbringen des Ätzmittels läßt sich hierbei die Lokalisierung noch verstärken, indem man die Position der Gegenelektrode und den Widerstand des Elektrolyten geschickt wählt, oder die Erwärmung des Ätzmittels auf den Randbereich der Solarzelle beschränkt. Für die lokale Erwärmung bieten sich mehrere Möglichkeiten für die Erwärmung des Ätzmittels an, z. B.:

- Beleuchtung mit einer Infrarotlampe (Fokussierung auf den Rand der Solarzelle durch Spalt, Spiegel oder Linse)
- Zufuhr von Heißluft (Fokussierung und laminare Strömung mit Hilfe einer Düse [11], siehe Abb. 3)
- Lokaler Kontakt mit einem heißen Körper

20 sind für einen kontinuierlichen Passivierungsprozeß geeignet. Die Beleuchtung und die Heißluftzufuhr sind berührungslose Techniken und erfordern deshalb weniger Justieraufwand, damit die leicht zerbrechlichen Solarzellen nicht während der Passivierung zerbrechen. Benutzt man jedoch

25 z. B. eine durch Federdruck an die Solarzellen gepreßte metallische Walze zum lokalen Erhitzen der Solarzellenränder, so ist auch diese Variante leicht zu realisieren. Für die Langzeitstabilität der Solarzelle im Modul kann es erforderlich sein, daß eventuelle Reaktionsrückstände (z. B. Salze) entfernt werden. Dies kann z. B. durch Reinigung mit destilliertem Wasser und anschließender Lufttrocknung erfolgen.

Zu 4) Vermeidung von Niederschlägen von Ätzmitteldampf

35 [0019] Punkt 2 und 3 erlauben trotz minimaler Dosierung des Ätzmittels eine sehr effektive Ätzung/Passivierung des Randes der Solarzelle. Idealerweise wird die Menge des Ätzmittels so begrenzt, daß es während der reaktiven Phase in möglichst kurzer Zeit vollständig umgesetzt wird. Aufgrund der geringen Menge entsteht auch nur wenig Gas. Da Spritzer des Ätzmittels das gleichzeitige Vorhandensein von flüssiger und Gasphase voraussetzen, ist dies ein großer Vorteil. Aufgrund der geringen Benetzung des Randbereiches treten Spritzer bei dem oben beschriebenen Verfahren nicht 45 auf. Nutzt man für die Erwärmung des Ätzmittels Heißluft, so können durch die Führung des Luftstromes die restlichen Gase von der Solarzelle ferngehalten werden, so daß es zu keinem Niederschlag von Ätzmitteln auf der Scheibe kommen kann. Falls die geringe Ätzmittelmenge für eine genügende Ätzung des Randes nicht ausreichen sollte, können die Prozeduren mit Aufbringen und Aktivieren des Ätzmittels auch mehrmals wiederholt werden.

50 Zu 5) Einfacher Aufbau für geringe Kosten, hoher Durchsatz und Reproduzierbarkeit

[0020] Die oben beschriebenen Schritte zur Randpassivierung

60

- Aufbringen des Ätzmittels
- Aktivieren der chemischen Reaktion
- Ätzung der Randbereiche

lassen sich alle in einem Durchlaufprozeß realisieren, indem 65 die Solarzellen auf einem Förderband oder einer anderen geeigneten Transporteinrichtung an den entsprechenden Stationen vorbeilaufen.

[0021] Alle drei Varianten für die Erwärmung des Ätzmittels

tels

- Beleuchtung mit einer Infrarotlampe
- Zufuhr von Heißluft
- Erwärmung der SZ durch Kontakt mit einem heißen Körper

sind für einen kontinuierlichen Passivierungsprozeß geeignet. Die Beleuchtung und die Heißluftzufuhr sind berührungslose Techniken und erfordern deshalb weniger Justieraufwand, damit die leicht zerbrechlichen Solarzellen nicht während der Passivierung zerbrechen. Benutzt man jedoch z. B. eine durch Federdruck an die Solarzellen gepreßte metallische heiße Walze zum lokalen Erhitzen der Solarzellenränder, so ist auch diese Variante leicht zu realisieren.

Durchführung einer Randpassivierung nach der Lehre der Erfahrung

[0022] Die technische Durchführung der Randpassivierung ist nach den obigen Ausführungen in vielen Varianten möglich. Im Labormaßstab hat folgende Variante zu sehr guten Ergebnissen geführt:

1. Ein Schwamm mit sehr kleinen Poren (oder ein Filztuch) wird mit 10%iger KOH-Lösung (auf Raumtemperatur) getränkt. Der Schwamm liegt auf dem Boden eines Glas- oder Teflongefäßes mit ebenem Boden (siehe Abb. 4).
2. Eine Heizplatte wird auf 100°C vorgeheizt.
3. Die Solarzelle wird mit der zu passivierenden Seite mit definiertem Druck auf den feuchten Schwamm gedrückt.
4. Der angefeuchtete Rand der Solarzelle wird für 5–10 Sec. senkrecht auf die Heizplatte aufgesetzt.
5. Die Schritte 3–4 werden gegebenenfalls mehrmals wiederholt.
6. Die Schritte 3–5 werden für die restlichen Seiten der Solarzelle wiederholt.
7. Abschließend wird die Solarzelle mit destilliertem Wasser gespült und mit Druckluft oder N₂ getrocknet.

[0023] Bei diesem Verfahren wurde keine meßbare Verschlechterung der Kennlinie, bzw. des Wirkungsgrades guter Solarzellen gemessen (siehe Abb. 5a). Auf Solarzellen mit Randdefekten wurden zum Teil drastische Verbesserungen erzielt, wie z. B. in Abb. 5b demonstriert.

[0024] Literatur:

- [1] R. F. Pierret, Semiconductor Device Fundamentals, Addison-Wesley, 1996
- [2] R. Hull [in Properties of Crystalline Silicon. H. Hieslmair, S. A. McHugo, A. A. Istratov, E. R. Weber, June 1998]. Seite 777
- [3] J. Pearton, W. Corbett, M. Stavola: Hydrogen in Crystalline Semiconductors, Springer, 1992, Seite 28
- [4] L. D. Patrin: Solar Cells and their Applications, Wiley, 1995, Seiten 60–61
- [5] J. Carstensen, G. Popkirov, J. Bahr and H. Föll: CELLO: An Advanced LBIC Measurement for Solar Cell Local Characterization, 16 EUROPEAN Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition, Glasgow, 2000
- [6] M. H. Al-Rifai, J. Carstensen, H. Föll: Improvement of the Efficiency of Silicon Solar Cells Using the Electrochemical Passivation of the High Leakage Current Areas in the pn-Junction, EUROMAT 99, München, in press
- [7] H. Löwe, P. Keppel, D. Zach: Halbleiterätzverfahren, Akademie-Verlag Berlin, 1990, Seite 67
- [8] Q. Vu, D. A. Stricker, P. M. Zavracky: Surface Characte-

- ristics of (100) Silicon Anisotropically Etched in Aqueous KOH, J. Electrochem. Soc., Vol. 143, Nr. 4, April 1996
- [9] W. Menz, J. Mohr: Mikrosystemtechnik für Ingenieure, WILEY-VCH, 1997, Seite 198
- [10] M. Köhler: Ätzverfahren für die Mikrotechnik, WILEY-VCH, 1998, Seiten 321–329
- [11] T. Dorfmüller, W. T. Hering, K. Stierstadt, G. Fischer: Lehrbuch der Experimentalphysik, Band 1, 11. Auflage, W. de G., 1998, Seiten 488–500

Abb. 1

[0025] Kennlinie einer monokristallinen Solarzelle vor (Kurve 1) und nach (Kurve 2) der Randpassivierung.

Abb. 2

[0026] Das Ätzmittel wird durch gegenläufige Walzen auf den Rand der Solarzelle aufgebracht.

Abb. 3

[0027] Erwärmung (Anregung der Reaktion) des Randgebietes mit Heißluft.

Abb. 4

[0028] Die SZ wird auf ein feuchtes Filztuch gestellt, um eine geringe Menge KOH auf den Rand aufzubringen.

Abb. 5

- a) Gute Solarzelle ohne Randdefekte. Durch die Passivierung kann der Wirkungsgrad nicht mehr verbessert werden, die Flächenverluste (Verluste in I_{SC}) sind jedoch so klein, daß im Rahmen der Meßungenauigkeit keine Wirkungsgradreduktion beobachtet wurde.
- b) Schlechte Solarzelle mit Randdefekten: Trotz einer kleinen Verringerung des Kurzschlußstroms steigt die max. Leistung bzw. der Wirkungsgrad nach der Passivierung um 43%.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur chemischen Passivierung von Randdefekten aller Art bei Silizium-Solarzellen, **dadurch gekennzeichnet**, daß
 - a) nur der Rand der Solarzelle in Kontakt mit einer geeigneten Ätzlösung gebracht wird und damit die chemische Reaktion am schmalen Randgebiet beschränkt bleibt,
 - b) die Ätzlösungen bevorzugt alkalische Komponenten wie KOH enthalten,
 - c) die chemische Reaktion am Rande der Solarzelle nach dem Aufbringen des Ätzmittels nur sehr langsam abläuft und erst durch geeignete Methoden stark beschleunigt wird,
 - d) parasitäre Reaktionen außerhalb des Randbereichs (z. B. durch aufsteigende Dämpfe der Ätzlösung) durch geeignete Maßnahmen verhindert werden und
 - e) es auch möglich ist, Defekte ("Shunts", Kratzer, ...) auf der ganzen Fläche der Solarzelle mit der vorherigen Methode, sowohl chemisch als auch elektrochemisch, zu passivieren.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, daß die Technik bei geeigneter Modifizierung auch

für Solarzellen aus anderen Materialien als Si anwendbar ist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, daß die Passivierung für verschiedene Arten von Solarzellen durchgeführt werden kann. 5

4. Vorrichtung nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, daß statt einer rein chemischen Ätzung auch eine elektrochemische Ätzung verwendet werden kann; dabei dient der Rückseitenkontakt der Solarzelle als ein elektrischer Anschluß; eine in die Ätzlösung ragende Pt-Elektrode als zweiter Anschluß für den Stromdurchgang. Bei geeigneter Wahl der Parameter erfolgt die passivierende Reaktion nur an den Defekten; eine Lokalisierung des Ätzmittels entfällt in diesem Fall. 10

5. Vorrichtung nach Anspruch 1a) dadurch gekennzeichnet, daß der Innenbereich der Solarzelle mit einer geeigneten Schutzschicht überzogen wird. 15

6. Vorrichtung nach Anspruch 1a) dadurch gekennzeichnet, daß das Ätzmittel durch Eintauchen des Randbereichs auf die Solarzelle aufgebracht wird. 20

7. Vorrichtung nach Anspruch 1a) dadurch gekennzeichnet, daß das Ätzmittel über ein definiert in Ätzmittel getränktes Filztuch auf die Solarzelle aufgebracht wird. 25

8. Vorrichtung nach Anspruch 1a) dadurch gekennzeichnet, daß das Ätzmittel mit einem Schwamm auf die Solarzelle aufgebracht wird. 25

9. Vorrichtung nach Anspruch 1a) dadurch gekennzeichnet, daß das Ätzmittel in ein Gel eingebettet auf die Solarzelle aufgebracht wird. 30

10. Vorrichtung nach den Ansprüchen 6) und 7) dadurch gekennzeichnet, daß der Schwamm bzw. das Filztuch auf einer Walze aufgebracht ist und somit einen einfachen kontinuierlichen Betrieb für eine Passivieranlage erlaubt. 35

11. Vorrichtung nach Anspruch 1b) dadurch gekennzeichnet, daß die Ätzlösung aus 10% KOH in Wasser mit geeignetem kommerziellem Netzmittel besteht. 40

12. Vorrichtung nach Anspruch 1b) dadurch gekennzeichnet, daß die Ätzlösung aus weiteren alkalischen Komponenten, z. B. KOH, NaOH; NH₄OH, organischen Laugen wie z. B. TMAH, Cholin, alkalischen Persulfat-Lösungen z. B. (KOH + (NH₄)₂S₂O₈), (NaOH + (NH₄)₂S₂O₈), Säuren wie (HNO₃ + HF), (HNO₃ + HF + CH₃COOH), (HNO₃ + HF + 45 CH₃COOH + HClO₄) oder Hydrazin-Lösungen (N₂H₄) oder anderen bekannten Siliziumätzlösungen besteht. 45

13. Vorrichtung nach Anspruch 1b) dadurch gekennzeichnet, daß die Konzentration der alkalischen oder sauren Komponenten in der Ätzlösung modifizierbar ist. 50

14. Vorrichtung nach Anspruch 1c) dadurch gekennzeichnet, daß die Reaktionsbeschleunigung durch Erhitzen der gesamten oder nur des Randbereiches der Solarzelle auf ca. 90–100°C durchgeführt wird. 55

15. Vorrichtung nach den Ansprüchen 1c) und 3) dadurch gekennzeichnet, daß die Reaktionsbeschleunigung nach benetzen des Randes durch Kontaktierung und Anlegen einer elektrischen Spannung elektrochemisch erfolgt. 60

16. Vorrichtung nach Anspruch 1c) dadurch gekennzeichnet, daß die Reaktionsbeschleunigung durch Erhitzen der gesamten oder nur des Randbereiches der Solarzelle auf mehr oder weniger als 90–100°C möglich ist. 65

17. Vorrichtung nach Anspruch 15) dadurch gekennzeichnet, daß das Erhitzen der Solarzelle durch Anbla-

sen der Randbereiche mit Heißluft aus geeignet geformten Düsen vorgenommen wird.

18. Vorrichtung nach Anspruch 15) dadurch gekennzeichnet, daß das Erhitzen der Solarzelle durch Beleuchtung mit einer Infrarotlampe erfolgt.

19. Vorrichtung nach Anspruch 15) dadurch gekennzeichnet, daß das Erhitzen der Solarzelle durch Kontakt mit einem heißen Körper oder mit anderen geeigneten Anregungsmethoden vorgenommen wird.

20. Vorrichtung nach Anspruch 17) dadurch gekennzeichnet, daß die Beleuchtung mit geeigneten Methoden auf den Rand der Solarzelle fokussiert wird (z. B. durch einen Spalt, durch Linsen oder mit Spiegeln).

21. Vorrichtung nach Anspruch 1c) dadurch gekennzeichnet, daß die Temperatur der Reaktion für jede Ätzlösung optimiert wird.

22. Vorrichtung nach Anspruch 1d) dadurch gekennzeichnet, daß parasitäre Reaktionen wie ätzende Gase oder Tröpfchenbildung durch geringe Dosierung des Ätzmittels und lokales Aufbringen am Rand der Solarzelle minimiert werden.

23. Vorrichtung nach Anspruch 1d) dadurch gekennzeichnet, daß parasitäre Reaktionen auf der Solarzelle durch Beblasen der Solarzelle mit Gas oder Absaugen der Reaktionsdämpfe vermieden werden. (Vorrichtung nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, daß parasitäre Reaktionen durch Ätzmitteldämpfe durch eine geeignete Luftströmung verhindert werden.)

24. Vorrichtung nach den Ansprüchen 16) und 22) dadurch gekennzeichnet, daß die Erhitzung des Randes und das Wegblasen von Reaktionsprodukten durch geeignete Führung des Heißluftstromes gleichzeitig erreicht werden.

25. Vorrichtung nach Anspruch 1e) dadurch gekennzeichnet, daß das Ätzmittel lokal an den zu passivierenden Stellen auf der Solarzelle aufgebracht wird und anschließend die Reaktion aktiviert wird.

26. Vorrichtung nach Anspruch 25 dadurch gekennzeichnet, daß die lokale Reaktion durch eine elektrochemische Reaktion erreicht wird.

27. Vorrichtung nach Anspruch 25 dadurch gekennzeichnet, daß die nicht zu passivierenden Bereiche durch eine Maske abgedeckt werden.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

Abbildung 1

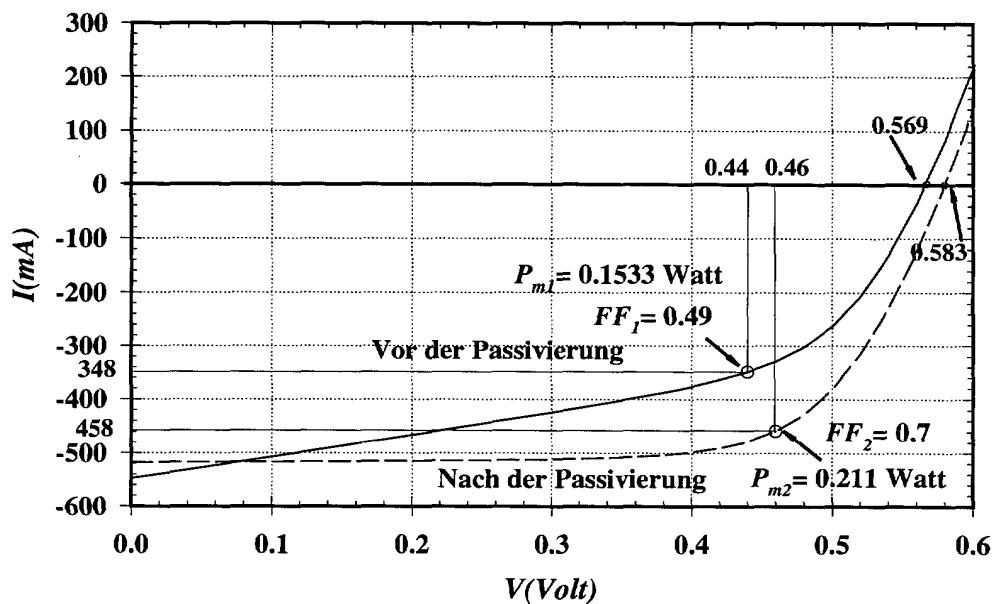


Abbildung 2

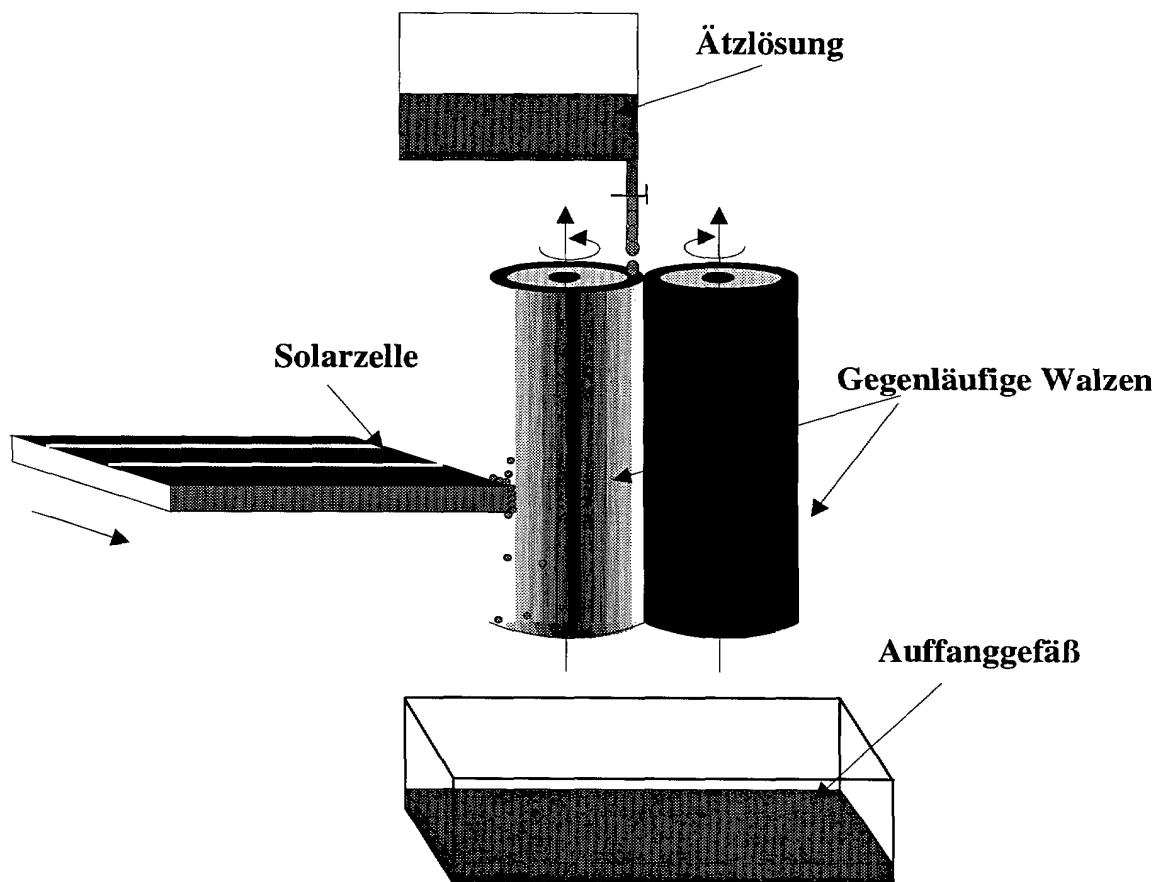


Abbildung 3

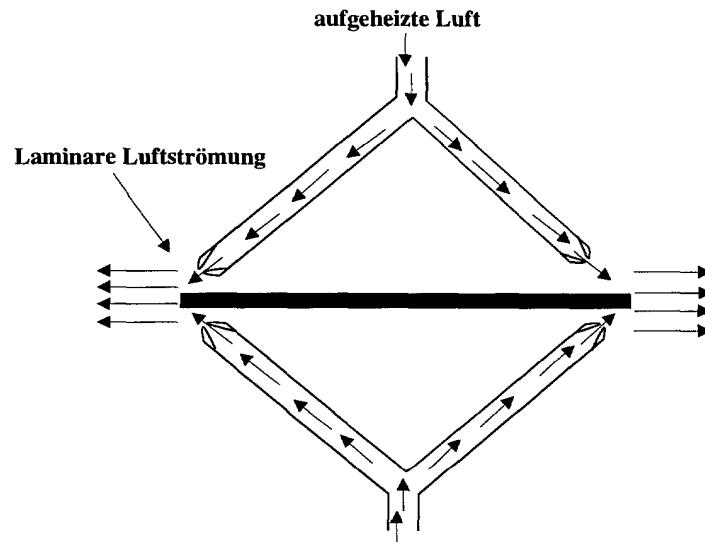


Abbildung 4

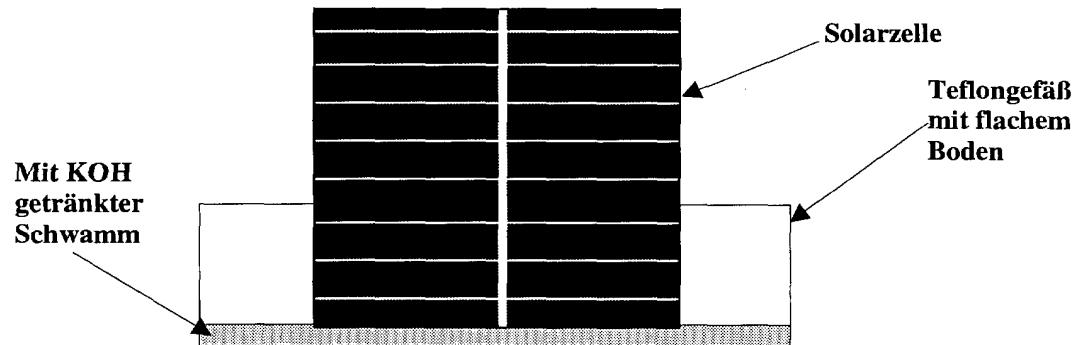


Abbildung 5a

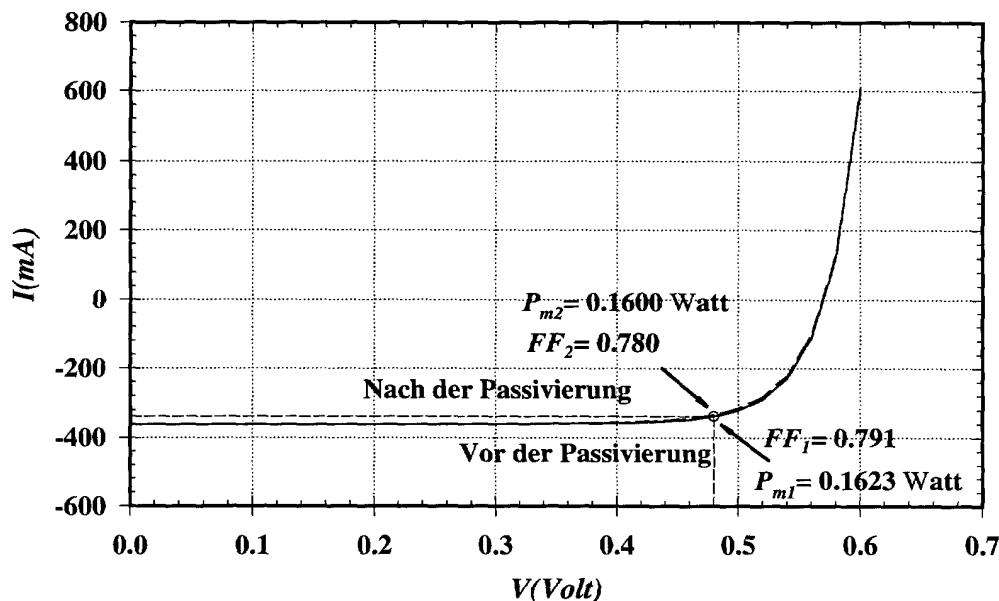


Abbildung 5b

